

PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI BETON POLIMER DENGAN AGREGAT BATU APUNG SERTA SERAT CANGKANG KULIT KOPI SEBAGAI FILLER

Awan Maghfirah¹, Eddy Marlianto¹ Mulkan Iskandar², dan Putri Mila Senda Sitorus^{1,}*

¹Departemen Fisika FMIPA Universitas Sumatera Utara

²Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan

**Email: almana@gmail.com*

Abstrak. Telah dilakukan penelitian pembuatan dan karakterisasi beton polimer dengan komposisi tertentu dari pasir, batu apung, serat cangkang kulit kopi, dan resin epoksi untuk mendapatkan komposisi pencampuran terbaik. Komposisi-komposisi tersebut diproses menggunakan mesin *hot press* pada suhu 90 °C selama 20 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton polimer dengan hasil karakterisasi yang optimum dihasilkan pada komposisi pencampuran pasir, batu apung, serat cangkang kulit kopi, dan resin epoksi sebesar 60:14:6:20 g. Pada keadaan ini diperoleh nilai densitas sebesar 1,21 g/cm³, porositas sebesar 8,3%, penyerapan air sebesar 6,81%, kekuatan lentur sebesar 28,68 MPa, kekuatan tekan sebesar 7,67 MPa, dan kekuatan tarik sebesar 3,98 Mpa. Analisis mikrostruktur menunjukkan bahwa penambahan resin epoksi mampu meningkatkan kualitas beton polimer.

Kata-kata kunci: Batu apung, beton polimer, resin epoksi, dan serat cangkang kulit kopi.

PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF POLYMER CONCRETE USING PUMICE AGGREGATE AND COFFEE HUSK FIBER AS A FILLER

Abstract. Research has been conducted on the preparation and characterization of polymer concrete with certain compositions of sand, pumice, coffee husk fiber, and epoxy resin to get the best mixing composition. All compositions were processed using a hot press machine at a temperature of 90 °C for 20 minutes. The results showed that polymer concrete with optimum characteristics is produced in the mixing composition of sand, pumice, coffee husk fiber, and epoxy resin of 60:14:6:20 g. In this condition, the density is 1.21 g/cm³, porosity is 8.3%, water absorption is 6.81%, flexural strength is 28.68 MPa, compressive strength is 7.67 MPa, and tensile strength is 3.98 MPa. SEM/EDS analysis shows that the addition of epoxy resin can improve the quality of polymer concrete.

Keywords: Coffee husk fiber, epoxy resin, polymer concrete, and pumice.

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan dan perkembangan industri konstruksi di Indonesia cukup pesat. Hampir 60% material yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi adalah beton yang dipadukan dengan baja atau jenis lainnya. Konstruksi beton dapat ditemukan dalam pembangunan gedung, jalan,

bendungan, saluran air, dan lain-lain. Konstruksi beton dapat dibagi menjadi dua bagian berdasarkan fungsinya, yaitu konstruksi bawah dan atas (Zul Effendi dan Linda Harta, 2014).

Beton sebagai material bangunan harus memenuhi kriteria kekuatan dan daya tahan (keawetan). Beton merupakan campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa campuran tambahan untuk membentuk massa padat. Bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama percampuran berlangsung, berfungsi untuk mengubah sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu dan menghemat biaya. Bahan-bahan limbah di sekitar lingkungan dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam campuran beton. Hal tersebut dapat memberikan alternatif untuk memanfaatkan cangkang kulit kopi. Dengan optimalisasi pemanfaatan serat cangkang kulit kopi ini diharapkan akan mengurangi limbah yang mencemari lingkungan dan memberikan nilai tambahnya (Dep. PU, 1989).

Beton

Beton merupakan campuran antara semen *portland* atau semen hidrolik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambahan untuk membentuk massa padat (Febriyatno, 2011). Beton adalah bahan yang berbasis perekat semen, sedangkan agregatnya berupa pasir dan batu atau kerikil. Beton pada umumnya banyak dipergunakan dalam bidang konstruksi pembangunan rumah, gedung, jembatan, konstruksi jalan, dan lain-lain (Gemert dkk., 2004).

Beton polimer (*polymer concrete*) adalah material komposit, di mana bindernya terdiri atas polimer sintesis organik atau dikenal sebagai beton resin. Beton resin dengan binder polimer seperti termoplastik atau disebut *thermosetting* polimer dan mineral fillernya dapat berupa agregat, *gravel* dan *crushed stone*. Keunggulan beton polimer antara lain memiliki kekuatan tinggi, tahan terhadap abrasi (pengikisan), penyerapan air rendah, dan stabilitas pemadatan tinggi dibandingkan beton Portland konvensional. Proses pengerasan pada beton semen Portland untuk menghasilkan kondisi terbaik biasanya 28 hari, sedangkan dengan beton polimer dapat dipersingkat hanya beberapa jam saja (Hidayah, 2012).

Cangkang Kulit Kopi

Tanaman kopi digolongkan ke dalam genus *Coffea* keluarga *Rubiaceae*. Berbiji keping dua yang disebut dikotil dan memiliki akar tunggang yang membuat tanaman kopi dapat berdiri kokoh. Kopi terdiri atas:

- Lapisan bagian luar tipis yang disebut *Exocarp*; lapisan ini jika sudah masak akan berwarna merah.
- Daging buah; daging buah ini mengandung serabut yang bila sudah masak berlendir dan rasanya manis, maka sering disukai binatang kera atau musang. Daging buah ini disebut *Mesocarp*.
- Kulit tanduk atau kulit dalam; kulit tanduk ini merupakan lapisan tanduk yang menjadi batas kulit dan biji yang keadaannya agak keras. Kulit ini disebut *Endocarp* (Aprita, 2016).

Adapun bahan yang terkandung di dalam cangkang kulit kopi adalah karbon (C), oksigen (O), kalium (K), kalsium (Ca), tembaga (Cu), dan seng (Zn). Kandungan karbon mendominasi dengan berat massa 49,47% dari massa total.

Agregat

Agregat merupakan butiran mineral alami atau buatan yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran material. Agregat ini menempati kira-kira 70 – 80% dari volume beton yang akan dibuat nantinya. Meskipun sebagai bahan pengisi, agregat sangat berpengaruh pada sifat-sifat beton ini. Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa agregat adalah butir-butir material yang keras dan padat berupa pasir, kerikil, batu pecah yang apabila dicampur dengan zat pengikat serta serat yang mengandung selulosa maka akan dihasilkan suatu material yang memiliki sifat elastis.

Adapun contoh agregat adalah batu apung. Batu apung (*pumice*) mempunyai warna yang cerah, dengan berat jenis *bulk* berkisar antara 500 – 900 kg/m³. Jenis batu apung ini tidak terlalu lunak untuk membuat beton yang ringan dengan berat jenis 700 – 1400 kg/m³ dan bisa merupakan bahan kedap terhadap suhu, tetapi daya serap airnya sangat besar (Mulyono, 2004).

Resin Epoksi

Resin epoksi atau secara umum dikenal di pasaran dengan bahan epoksi adalah salah satu dari jenis polimer yang berasal dari kelompok termoset. Epoksi secara umum mempunyai karakteristik yang baik, yaitu: (a) Kemampuan mengikat paduan logam yang baik; Kemampuan ini disebabkan oleh adanya gugus hidroksil yang memiliki kemampuan membentuk ikatan via ikatan hidrogen. (b) Ketangguhan; Kegunaan epoksi sebagai bahan matrik dibatasi oleh ketangguhan yang rendah dan cenderung rapuh. Resin epoksi banyak digunakan untuk bahan komposit di beberapa bagian struktural, resin ini juga dipakai sebagai bahan campuran pembuatan kemasan, bahan cetakan dan perekat. Pada beton penggunaan resin epoksi dapat mempercepat proses pengerasan, karena resin epoksi menimbulkan panas sehingga membantu percepatan pengerasan (Nurmala, 2010).

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu apung, pasir, serat cangkang kulit kopi, resin epoksi, dan *Wax*. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah ayakan 100 mesh, neraca digital, mesin *Hot Press* Geotech GT-7014-A30C, cetakan sampel berukuran 100 mm x 20 mm x 10 mm, *beaker glass* 500 ml, *Universal Tensile Machine* (UTM) RTF 1350, plat besi, *aluminium foil*, *Scanning Electron Microscope – Energy Dispersion X-ray Spectroscopy* (SEM-EDS) EVO MA 10 Zeiss.

2.2. Prosedur Penelitian

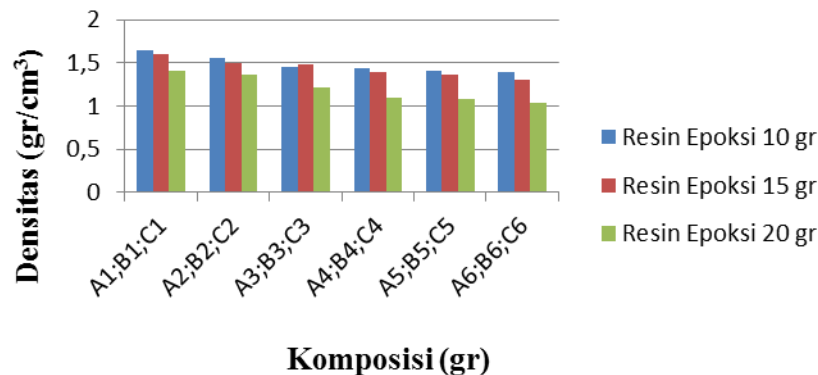
Pasir, batu apung, dan serat cangkang kulit kopi ditimbang. Ditambahkan pasir 60 g, batu apung 20 g, serat kulit kopi 0 g ke dalam *beaker glass* lalu diaduk hingga rata. Ditambahkan resin epoksi sebanyak 10 g ke dalam *beaker glass*. Kemudian bahan yang sudah dicampurkan, diaduk dengan menggunakan mixer agar campuran menjadi homogen. Disiapkan cetakan dengan berukuran 100 mm x 20 mm x 10 mm. Diletakkan cetakan di atas aluminium foil yang telah dilapisi wax. Hasil dari campuran tadi dituangkan di atas cetakan yang telah disiapkan dan dipress pada suhu 90 °C dengan menggunakan mesin *Hot Press* selama 20 menit. Kemudian sampel dikeluarkan dari cetakan. Dilakukan perlakuan yang sama untuk variasi pasir, batu apung, serat cangkang kulit kopi, dan resin epoksi sesuai komposisi pada tabel 1, 2 dan 3.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian Densitas

Pengujian densitas dilakukan dengan mengukur massa setiap satuan volume, semakin tinggi densitas suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Densitas dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1)$$



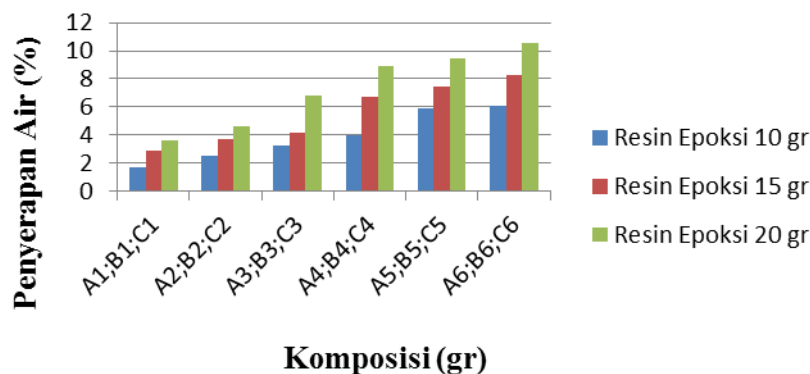
Gambar 1. Hubungan antara densitas dan komposisi

Dari Gambar 1 dapat diketahui bahwa densitas optimum yang diperoleh adalah 1,65 g/cm³ pada sampel A1 komposisi (60:30:0) dengan penambahan resin epoksi 10 g. Densitas minimum yang diperoleh adalah 1,03 g/cm³ pada sampel C6 komposisi (60:10:10) dengan penambahan resin epoksi 20 g. Hasil ini menunjukkan bahwa densitas semakin menurun karena berkurangnya jumlah massa batu apung dan bertambahnya serat cangkang kulit kopi sehingga kepadatan dan kerapatan dari material beton polimer menjadi semakin berkurang.

3.2. Pengujian Daya Serap Air

Pengujian daya serap air bertujuan untuk menentukan besarnya persentase air yang diserap oleh sampel yang direndam dengan perendaman selama 24 jam pada suhu kamar. Daya serap air dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{m_b - m_k}{m_b} \times 100\% \quad (2)$$



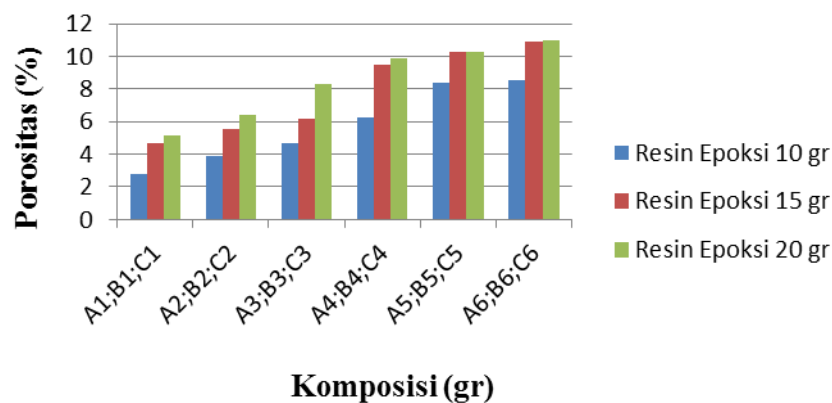
Gambar 2. Hubungan daya serap air dan komposisi

Dari Gambar 2 dapat diketahui bahwa penyerapan air optimum yang diperoleh adalah 10,53% pada sampel C6 komposisi (60:10:10) dengan penambahan resin epoksi 20 g dan penyerapan air minimum yang diperoleh adalah 1,68% pada sampel A1 komposisi (60:30:0) dengan penambahan resin epoksi 10 g. Dengan penambahan serat cangkang kulit kopi, maka akan menimbulkan banyak pori dan serat cangkang kulit kopi dapat menyerap air dengan baik sehingga nilai penyerapan air cenderung meningkat, begitu juga dengan penambahan resin epoksi.

3.3. Pengujian Porositas

Porositas suatu bahan pada umumnya dinyatakan sebagai porositas terbuka dan dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\%P = \frac{m_b - m_k}{\rho_{air} \times V_t} \times 100\% \quad (3)$$



Gambar 3. Hubungan antara porositas dan komposisi

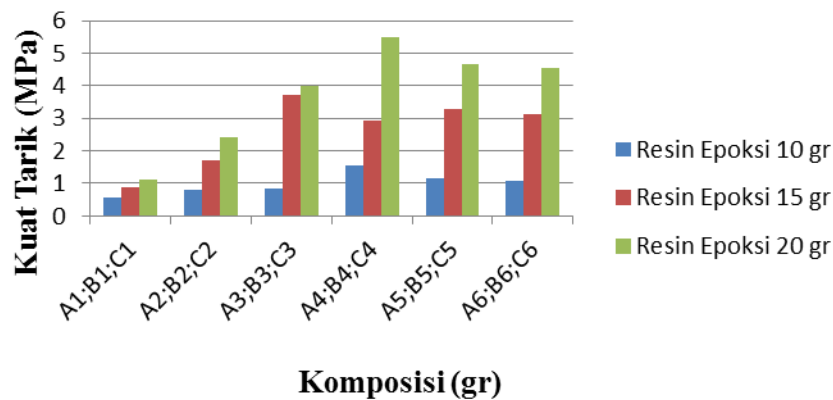
Dari Gambar 3 dapat diketahui bahwa porositas optimum yang diperoleh adalah 10,95% pada sampel C6 komposisi (60:10:10) dengan penambahan resin epoksi 20 g dan porositas minimum yang diperoleh adalah 2,8% pada sampel A1 komposisi (60:30:0) dengan resin epoksi 10 g. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin besar jumlah batu apung yang diberikan pada sampel maka nilai porositasnya semakin besar.

3.4. Pengujian Kuat Tarik

Tegangan tarik σ , adalah gaya F yang diaplikasikan dibagi dengan luas penampang A; yakni:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (4)$$

Dari Gambar 4 dapat diketahui bahwa kuat tarik optimum yang diperoleh adalah 5,5 MPa pada sampel C4 dengan komposisi (60:14:6) dengan penambahan resin epoksi 20 g dan kuat tarik minimum yang diperoleh adalah 0,57 MPa pada sampel A1 komposisi (60:30:0) dengan penambahan resin epoksi 10 g. Kekuatan tarik beton polimer semakin naik dengan bertambahnya komposisi serat cangkang kulit.

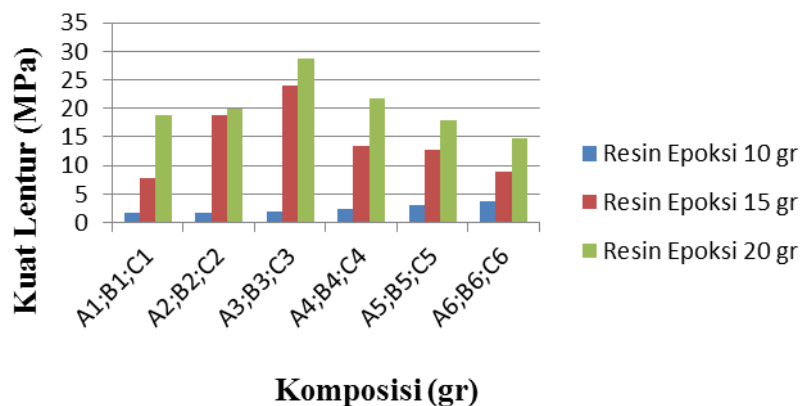


Gambar 4. Hubungan antara kuat tarik dan komposisi

3.5. Pengujian Kuat lentur

Pengujian kuat lentur dimaksudkan untuk mengetahui ketahanan polimer terhadap pembebanan dan keelastisan suatu bahan. Kuat lentur dapat dihitung dengan persamaan:

$$\sigma = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (5)$$



Gambar 5. Hubungan antara kuat lentur dan komposisi

Dari Gambar 5 dapat kita ketahui kuat lentur optimum yang diperoleh adalah 28,68 MPa pada sampel C3 komposisi (60:14:6) dengan penambahan resin epoksi 20 g dan kuat lentur minimum yang diperoleh adalah 1,62 MPa pada sampel A1 komposisi (60:30:0) dengan penambahan resin epoksi 10 g. Dengan bertambahnya resin epoksi dan cangkang kulit kopi maka semakin besar nilai kuat lenturnya karena resin epoksi akan mengisi rongga-rongga yang ada dan menutupi bagian yg cacat sedangkan cangkang kulit kopi akan membuat beton polimer menjadi lebih elastis.

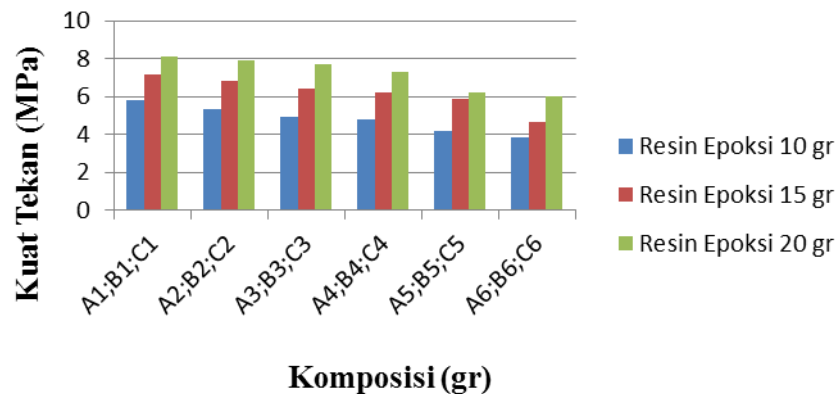
3.6. Pengujian Kuat Tekan

Kuat tekan pada benda dihitung dengan persamaan berikut:

$$P = \frac{F_{maks}}{A} \quad (6)$$

Dari gambar dapat terlihat bahwa kuat tekan optimum yang diperoleh adalah 8,11 MPa pada sampel C1 komposisi (60:20:0) dengan penambahan resin epoksi 20 g dan kuat tekan minimum yang diperoleh adalah 3,85 MPa pada sampel A6 komposisi (60:20:10) dengan

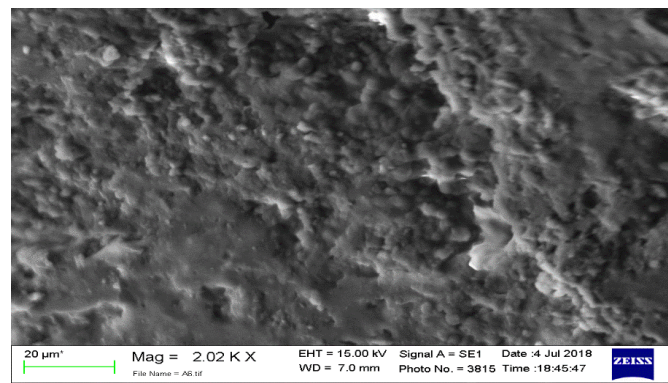
penambahan resin epoksi 10 g. Penambahan serat cangkang kulit kopi 10 g berpengaruh terhadap besarnya kuat tekan karena akan menimbulkan pori-pori di dalam beton pencampuran pasir, batu apung, dan limbah cangkang kulit kopi.



Gambar 6. Hubungan antara kuat tekan dan komposisi

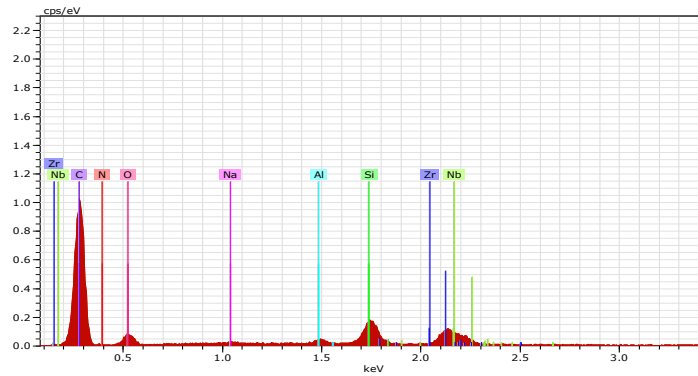
3.7. Analisis Mikrostruktur

Hasil analisis pengujian SEM-EDS beton polimer berbahan baku batu apung, pasir, serat cangkang kulit kopi, dan resin epoksi sebagai perekat dengan suhu 90 °C selama 20 menit di tunjukkan pada mikrograf berikut:



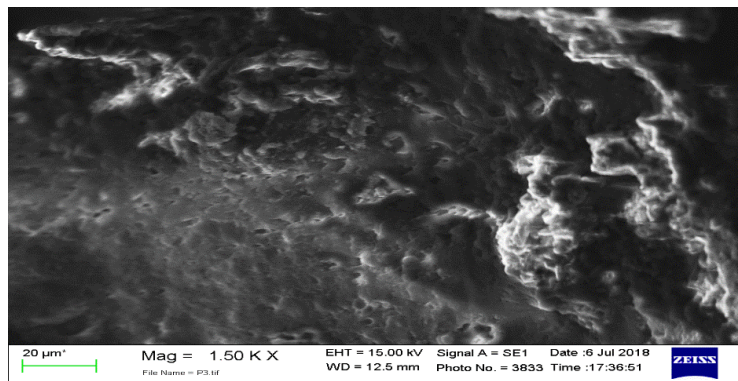
Gambar 7. SEM mikrograf dengan perbesaran 2000x

Uji SEM pada Gambar 7 di atas dilakukan pada beton polimer A6 komposisi (60:20:10) dengan penambahan resin 10 g. Dapat dilihat bahwa warna hitam yang cukup banyak merupakan rongga-rongga yang terdapat pada beton polimer akibat campuran batu apung, pasir, serat cangkang kulit kopi, dan resin epoksi yang tidak merata. Tetapi warna putih terang menunjukkan bahwa resin epoksi mengikat baik pada campuran sehingga menutupi pori-pori meskipun permukaannya kurang merata.



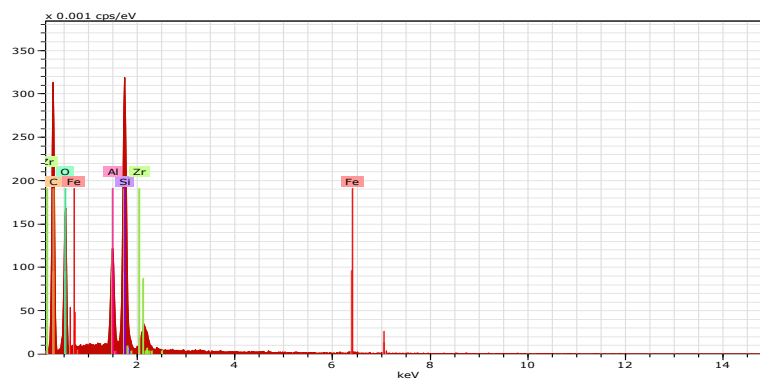
Gambar 8. Spektrum EDS sampel A6

Dari Gambar 8 di atas dapat dilihat bahwa kandungan yang terdapat pada beton polimer A6 adalah karbon (C), oksigen (O), niobium (Nb), nitrogen (N), silikon (Si), zirkonium (Zr), aluminium (Al), dan natrium (Na).



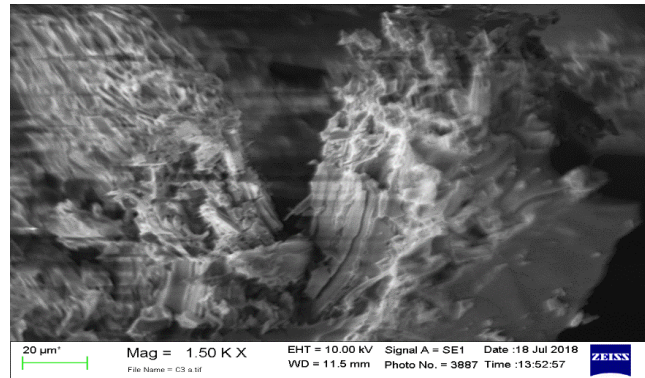
Gambar 9. SEM mikrograf dengan perbesaran 1500x

Uji SEM pada Gambar 9 di atas dilakukan untuk sampel beton polimer B3 komposisi (60:21:4) dengan penambahan resin 15 g dapat dilihat bahwa distribusi komposisi terlihat hampir merata dan hanya beberapa titik saja yang terlihat kurang merata. Terlihat bahwa warna putih pada gambar menunjukkan resin epoksi yang tampak menyelimuti campuran batu apung, pasir, serat cangkang kulit kopi.



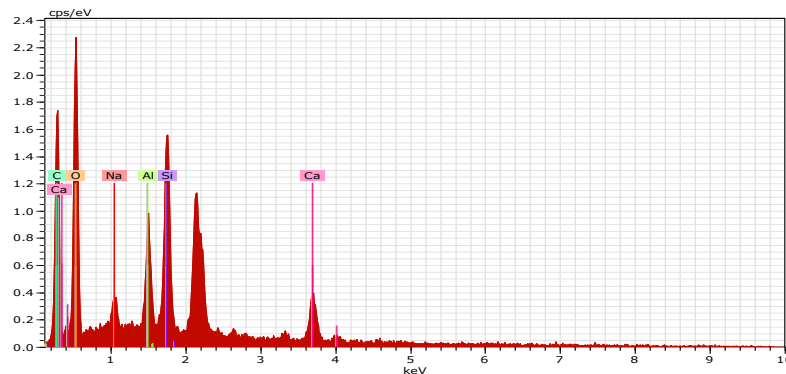
Gambar 10. Spektrum EDS sampel B3

Dari Gambar 10 di atas dapat dilihat bahwa kandungan yang terdapat pada beton polimer B3 adalah karbon (C), oksigen (O), silikon (Si), Aluminium (Al), zirkonium (Zr), dan besi (Fe).



Gambar 11. SEM mikrograf dengan perbesaran 1500x

Uji SEM pada Gambar 11 di atas dilakukan untuk sampel beton polimer C3 komposisi (60:16:4) dengan penambahan resin 20 g. Dari hasil uji SEM pada perbesaran 1500X dapat dilihat bahwa sampel ini lebih baik dari yang sebelumnya. Resin epoksi yang berwarna putih terang menyelimuti campuran pasir, batu apung, dan serat cangkang kulit kopi dengan baik sehingga permukaan lebih merata dan tidak terlihat rongga-rongga karena ukuran butiran beton polimer sudah memadat.



Gambar 12. Spektrum EDS sampel C3

Dari Gambar 12 di atas dapat dilihat bahwa kandungan yang terdapat pada beton polimer C3 adalah oksigen (O), karbon (C), silikon (Si), kalsium (Ca), aluminium (Al), dan natrium (Na).

4. KESIMPULAN

Dari penjabaran di atas dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- a. Komposisi terbaik pada sifat fisis dari pengukuran beton polimer yaitu pada komposisi (60:30:0:10) menghasilkan densitas tertinggi yaitu $1,65 \text{ gr/cm}^3$, porositas terkecil sebesar 2,8%, dan penyerapan air terkecil yaitu 1,68%. Sedangkan pada sifat mekanik komposisi terbaik untuk kuat lentur yaitu (60:16:4:20) sebesar 28,68 MPa, kuat tekan pada (60:20:0:20) sebesar 8,11 MPa, dan kuat tarik pada (60:14:6:20) sebesar 5,5 MPa. Hasil penelitian ini telah memenuhi standar sesuai dengan SNI 03-0691-1996 di mana batas maksimum kandungan air adalah sebesar 10%.

- b. Dengan penambahan serat cangkang kulit kopi, sifat fisis berupa densitas semakin menurun, sehingga membuat beton polimer menjadi lebih ringan, sedangkan pada porositas dan penyerapan air semakin meningkat. Pada sifat mekanik, semakin bertambahnya serat cangkang kulit kopi, maka semakin besar kuat lentur tetapi pada kuat tekan dan kuat tarik akan semakin menurun.
- c. Dari hasil penelitian beton polimer ini dapat dinyatakan beton polimer memenuhi kualifikasi beton mutu D dengan kuat tekan rata-rata sebesar 10 MPa dan penyerapan air maksimal 10% yang diaplikasikan untuk taman dan penggunaan lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Effendi, Zul dan Linda Harta. 2014. *Kandungan Nutrisi Hasil Permentasi Kulit Kopi*. Bengkulu.
- [2] Departemen Pekerjaan Umum. 1989. *Badan Penelitian dan Pengembangan PU*. Pedoman beton. Jakarta.
- [3] Febriyatno, Hendy. 2011. *Pemanfaatan Limbah Bahan Padat Sebagai Agregat Kasar Pada Pembuatan Beton Normal*. Jurnal Universitas Gunadarma.
- [4] Gemert V. D., L. Czamecki, P. Lukowski and E. Knapen. 2004. *Cemen Concrete and Concrete-Polymer Composites*. Katolik University Leuven. Belgium.
- [5] Hidayah, Arifah P. 2012. *Pembuatan dan Karakterisasi Beton Polimer Dengan Menggunakan Campuran Batu Apung dan Agregat Pasir Serta Tepung Ketan dengan Perekat Polyester*. Jurnal Universitas Sumatera Utara.
- [6] Ika Rezvani Aprita. 2016. *Produksi Biopellet dan Biobriket Dari Ampas Seduhan dan Cangkang Biji Kopi Dengan dan Tanpa Pra Perlakuan Bahan Pada Berbagai Komposisi Perekat*. IPB.
- [7] Mulyono T. 2004. *Teknologi Beton*. Penerbit Andi Yogyakarta.
- [8] Nurmala. 2010. *Analisis Pengaruh Orientasi Serat Ijuk dengan Matriks Polyester dan Epoxy*. Makasar, Vol. 10, No.4.